

Полученные результаты позволяют констатировать достижение высоких показателей качества в сравнении с традиционным фрезерованием плоскостей (при традиционном чистовом фрезеровании можно обеспечить 5-7 класс шероховатости ( $R_a = 6,3 \div 0,63$  мкм), а при отделочном фрезеровании 7-9 класс шероховатости ( $R_a = 0,63 \div 0,16$  мкм) [7]).

Проведенные экспериментальные исследования показали, что эти же параметры шероховатости можно достичь при обработке предлагаемым способом ротационно-фрикционного фрезерования с использованием фрезы из стали 65Г. Было установлено, что повышение скорости резания положительно влияет на показатели качества обработанной поверхности. При этом с увеличением подачи показатели качества обработанной поверхности ухудшались. Наблюдались прижоги и облой (см. рис. 1в, поверхность А). Показанная на рисунке 1в поверхность А получена при режимах обработки  $S=65$  мм/мин,  $n_{\text{шп}}=2000$  об/мин,  $t = 1,5$  мм. Оптимальными режимами для обработки стали HARDOX 450 при предлагаемом способе ротационно-фрикционного фрезерования являются:  $S=30$  мм/мин,  $n_{\text{шп}}=2300 \div 3000$  об/мин,  $t = 1$  мм. Результаты исследования показали, что подбирая оптимальные режимы резания можно управлять показателями качества. Полученные результаты шероховатости обработанной поверхности ( $R_a = 6,3 \div 0,4$  мкм) показывают возможность замены традиционного фрезерования торцевыми фрезами, оснащенными пластинками из твердых сплавов, на предлагаемое ротационно-фрикционное фрезерование с использованием фрезы, изготовленной из стали 65Г.

Применение способа ротационно-фрикционного фрезерования при обработке крупногабаритных деталей может позволить повысить производительность обработки по сравнению с обработкой торцевыми фрезами, обеспечить требуемую шероховатость ФСП, снизить себестоимость изготовления детали.

Литература.

1. Шеров К.Т. Система измерения и контроля функционально связанных поверхностей. 2-ое издание, измененное и дополненное. - Караганда: Издательство КарГТУ, 2011. – 174с.
2. Sherov K.T., Alikulov D.E. [Control ruler for angles between planes of V-shaped guides](#) / Measurement Techniques - New York, Volume 55, Issue 4, July 2012, P.397-399.
3. Шеров К.Т., Аликулов Д.Е., Имашева К.И. и др. Способ термофрикционной обработки плоскости и конструкция диска трения // Инновационный патент №22998 РК на изобретение 15.10.2010г., бюл. №10.
4. Шеров К.Т. и др. Способ термофрикционной режуще-упрочняющей обработки цилиндрических поверхностей и конструкция диска трения // Патент №25649 РК на изобретение. 16.04.2012г., бюл. №4.
5. Шеров К.Т., Мусаев М.М. и др. Способ термофрикционной отрезки металлических заготовок с охлаждением и конструкция дисковой пилы // Заключение о выдаче патента на изобретение. Решение №92 от 30.01.2017г.
6. Шеров К.Т., Мусаев М.М. Способ термофрикционного фрезоточения и конструкция фрезы трения / Заявление о выдаче патента РК на изобретение. 23.02.2017г.
7. Егоров М.Е., Дементьев В.И., Дмитриев В.Л. Технология машиностроения - М.: Высшая школа, 1979. – 349с.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЛЕНТОЧНО-ПЛАНЕТАРНОГО ШЛИФОВАНИЯ

*М.Н. Городских инженер-технолог*

*АО «Ижевский радиозавод» ООО «ИРЗ-Ринкос»*

*426034, г. Ижевск ул. Базисная 19, тел. (3412)-50-15-01*

*E-mail: 13bavard@mail.ru*

**Аннотация:** В данной статье предложена конструкция инструмента для шлифования вязкоупругих материалов, его преимущества, рассмотрены особенности финишной обработки вязкоупругих материалов, а так же представлены результаты моделирования процесса шлифования гуммированно-го вала предложенным инструментом.

**Abstract:** Design of the tool for viscoelastic materials grinding and this tool's advantages are proposed in the article, the features of finish polishing of viscoelastic materials are considered, and also the results of simulation of rubberized shaft grinding by the proposed tool are presented.

В современном машиностроении в качестве конструкционных материалов все чаще применяются различные полимеры. Так, потребление пластмасс становится соизмеримым потреблением ста-

ли. Непрерывно возрастает также применение лакокрасочных материалов, синтетических волокон, клеев, резины и др. Основной причиной применения данных материалов является удешевление выпускаемой продукции, а так же улучшение технико-экономических показателей: уменьшение массы изделия, повышение долговечности и надежности работы в тяжелых условиях.

Но требования, предъявляемые к точности изготовления деталей, постоянно растут: на чертежах все чаще встречаются допуски на ответственные размеры по 6 качеству, а параметры шероховатости  $Ra0,8$  мкм, а то и ниже, что подразумевает введение в технологический процесс чистовой операции – шлифование. Качество поверхности при шлифовании вязкоупругих материалов характеризуется не только величиной микронеровностей, но и рядом специфических признаков: прижоги, сколы, отслоения, микротрещины [2].

Прижоги – первичный фактор снижения качества обрабатываемой поверхности. Их наличие объясняется потерей режущей способности абразивного инструмента, которая в большинстве случаев связана с «засаливанием» его поверхности. Основной причиной быстрого засаливания абразивного инструмента при шлифовании вязкоупругих материалов является высокая адгезия стружки поверхностью режущего инструмента под воздействием температуры в зоне резания [4].

Одним из способов решения засаливания рабочей поверхности абразивного инструмента при финишной обработке вязкоупругих материалов является применение прерывистого однослойного абразивного инструмента (рис. 1). Основой инструмента служит планетарный редуктор, а в качестве рабочей поверхности – абразивная лента, натянутая на периферию контактных роликов. Основными преимуществами данной конструкции являются:

1. снижение доли тепла, отводимого в деталь за счет уменьшения температуры в зоне резания и увеличения теплоотвода;
2. кинематическое обеспечение соизмеримости скоростей абразивного резания круга и детали;
3. обеспечение прерывистости шлифования;
4. обеспечение работы круга в режиме самозатачивания;
5. увеличение длины линии контакта единичного абразивного зерна с обрабатываемой заготовкой;
6. увеличение скорости обработки за счет передаточного отношения планетарного редуктора и изменения диаметра контактных роликов при той же производительности оборудования;
7. возможность обработки как плоских, так и цилиндрических поверхностей;
8. низкая стоимость расходных материалов – абразивной ленты;
9. шлифование со знакопеременными деформациями сдвига в поверхностном слое детали;
10. постоянство наружного диаметра абразивного инструмента;
11. простота замены абразивной ленты в случае преждевременного износа или разрыва без нарушения ранее установленных размеров.

Для повышения динамических характеристик к планетарной головке предъявляются жесткие технические требования. В частности, степень точности эвольвентных зубчатых пар «центральное колесо – сателлит» 4 – 5, допуски на межосевое расстояние в корпусе под подшипники выполняются по 6 качеству, сателлиты устанавливаются на прецизионные радиально-упорные подшипники. Конструкция головки предусматривает возможность регулирования осевого зазора в подшипниках в диапазоне 0,002 – 0,004 мм [1].

С целью повышения производительности и обеспечения наименьшей шероховатости финишную обработку гуммированных валов рекомендуется производить со следующими режимами:  $V_{кр}=40$  м/сек;  $V \geq 35 \dots 40$  м/мин. Для уменьшения шероховатости до  $Ra0,4 \dots 0,6$  мкм со скоростью круга до 50 м/сек [3].



Рис. 1. Устройство для ленточно-планетарного шлифования

Моделирование процесса шлифования гуммированного вала планетарной головкой проводилось на токарно-винторезном станке мод. ИЖ-Т-400. Планетарная головка с технологической оснасткой устанавливаются на поперечный суппорт токарного станка вместо резцедержателя (рис. 2). В качестве привода планетарной головки 1 используется двухскоростной асинхронный электродвигатель 2 типа АО2-31-4/2. Двигатель установлен на основании 3. Движение от электродвигателя 2 посредством ременной передачи 4 передается редуктору 5. Редуктор 5 установлен на основании редуктора 6, которое устанавливается непосредственно на поперечный суппорт 7 станка вместо резцедержателя. Основание 3 электродвигателя жестко зафиксировано с основанием редуктора 6 посредством соединения гайка-шпилька 8. Передача вращения от редуктора к планетарной головке осуществляется за счет конуса Морзе. Для придания дополнительной жесткости и надежности соединения планетарной головки 1 с редуктором 5, планетарная головка 1 прикреплена к основанию 3 кронштейном 9 соединением болт-гайка 10.



Рис. 2. Общий вид установки со сплошной абразивной лентой на периферии роликов

При моделировании процесса шлифования гуммированного вала устройством для ленточно-планетарного шлифования изменялись скорость обрабатываемого вала и режущего инструмента. Подача и глубина резания оставались постоянными. Результаты моделирования представлены в таблице 1.

По данным таблицы 1 видно, что с увеличением скорости вращения обрабатываемой детали износ абразивной ленты становится более равномерным, засаливаемость ленты уменьшается. При  $n_{\text{дв}} = 2850$  об/мин абразивная лента практически не засалена, но на обрабатываемой детали наблюдаются вырывы материала, участок врезания инструмента в заготовку неоднороден (рис. 3). Полученный результат можно объяснить тем, что при таких режимах работы ударное взаимодействие контактного ролика с заготовкой интенсифицируется. Избежать данного явления можно путем увеличения числа контактных роликов.

Таблица 1

Результаты моделирования процесса шлифования

	$n_{\text{дет}} = 355$ об/мин, $n_{\text{дв}} = 1450$ об/мин, $t = 0,3$ мм/на стор., $S = 0,3$ мм/об.		$n_{\text{дет}} = 500$ об/мин, $n_{\text{дв}} = 1450$ об/мин, $t = 0,3$ мм/на стор., $S = 0,3$ мм/об.

Продолжение таблицы 1

	$n_{\text{дет}} = 700 \text{ об/мин},$ $n_{\text{дв}} = 1450 \text{ об/мин},$ $t = 0,3 \text{ мм/на стор.},$ $S = 0,3 \text{ мм/об.}$		$n_{\text{дет}} = 500 \text{ об/мин},$ $n_{\text{дв}} = 2850 \text{ об/мин},$ $t = 0,3 \text{ мм/на стор.},$ $S = 0,3 \text{ мм/об.}$
---	--	--	--

Чтобы реализовать решение задачи определения теоретической температуры в зоне резания при шлифовании обремененных валов планетарной шлифовальной головкой методом конечных элементов, использован программный комплекс **COMSOL Multiphysics**.



Рис. 3. Обработанная поверхность

На рисунках 4, 5 показано распределение тепла на поверхности заготовки при шлифовании прерывистым абразивным кругом и планетарной головкой соответственно. Как видно из рисунков максимальная температура на поверхности заготовки достигает 267°C в первом случае и 121°C во втором.

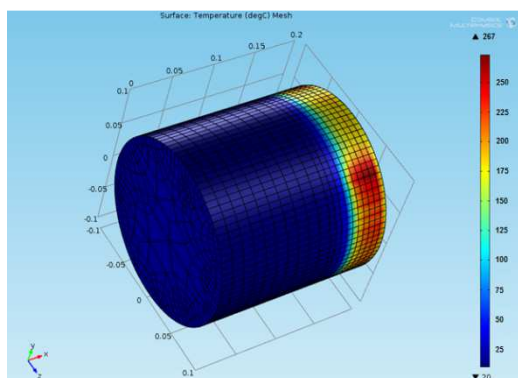


Рис. 4. Распределение тепла в заготовке при шлифовании прерывистым абразивным кругом

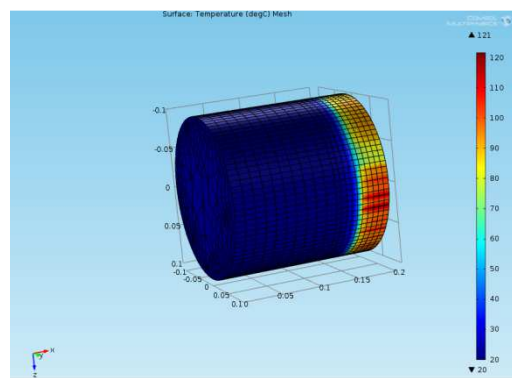


Рис. 5. Распределение тепла в заготовке при шлифовании планетарной головкой

Большие скорости резания при шлифовании кругами обеспечивают высокую производительность, но одновременно являются причиной повышенной температуры резания, которая может приводить к появлению прижогов и микротрещин на обработанной поверхности. Такие же дефекты мо-



гут быть результатом притупления абразивных зёрен или засаливания круга. Предложенная конструкция устройства для шлифования вязкоупругих материалов позволяет увеличить производительность процесса резания, обеспечивая требуемое качество обработанной поверхности, снижая при этом себестоимость изготовления детали за счет высокой производительности и доступности расходных материалов.

Литература:

1. Зубаирова Л.Х. Технологическое обеспечение требуемой точности формы тонкостенных деталей при плоском торцовом планетарном шлифовании. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – Пермь, 2014. 167 с.
2. Маслов Е.Н. Теория шлифования металлов. – М.: Машиностроение, 1974. – 320 с.
3. Мкртчян А.Ф. Разработка и исследование новых конструкций технологического оборудования для механической обработки гуммированных деталей бумагоделательных машин. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – Ижевск, 2011. 174 с.
4. Худобин Л.В. Минимизация засаливания шлифовальных кругов / Л.В. Худобин, А.Н. Унянин; под. ред. Л.В. Худобина. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 298 с.

### ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗА В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА В ДВС

*Е.С. Терентьев, студент гр. 10Б41, О.Ю. Ретюнский, к.т.н., доцент.*

*Томский политехнический университет*

*Юргинский технологический институт*

*652055, г. Юрга, ул. Заводская, 12/28, тел. +79963805542*

*E-mail: [Gakonya5190@mail.ru](mailto:Gakonya5190@mail.ru)*

**Аннотация:** Мировой спрос на источники дешёвой энергии растёт с каждым годом. Например, в Азии в районах, где есть метановый газ, всё больше используют электрогенераторы на базе стационарных газовых двигателей. Помимо этого, по мере развития инфраструктуры для газоснабжения ожидается и рост числа газовых двигателей. В данной статье мы рассматриваем применение газа в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания.

**Abstract:** The global demand for sources of cheap energy is growing every year. For example, in Asia, in areas where there is methane gas, more frequent use of generators on the base of stationary gas engines. In addition, the development of infrastructure for gas supply and expected growth in the number of gas engines. In this article we consider the use of gas as a fuel for internal combustion engines.

Мировой рынок стационарных газовых двигателей растёт. В настоящее время они широко используются в различных странах земного шара для перекачивания газа, электроснабжения и многих целей.

Применение газа в качестве топлива на машине требует использования специального оборудования. Особенности использования автомобилей на газу связано ещё с его взрывоопасностью. небрежное и неправильное использование ГБО (газобаллонное оборудование) может привести к трагическим последствиям.

Машины, использующие в качестве топлива газ, требуют к себе повышенного внимания и ухода. Газовое оборудование является источником повышенной опасности и требует неукоснительного соблюдения требований безопасности. Очень важно правильно эксплуатировать автомобиль на газу.

Первые попытки использования газа в качестве альтернативы бензину были предприняты ещё в Советском союзе. Специальное оборудование было установлено на грузовые автомобили. На тот момент актуальность применения газа в качестве топлива для ДВС (двигателей внутреннего сгорания) была очень низкой и не нашла одобрения. Водители очень подозрительно относились к газовому оборудованию [1].

Необходимо отдать должное, первые установки на газу были далеки от совершенства. Зачастую уровень их герметичности был недостаточным и в салоне автомобиля явственно чувствовался сильный запах газа. Комфортность управления очень сильно страдала. Именно поэтому от использования ГБО в 80-х годах прошлого века пришлось отказаться.

Только десять лет тому назад при неизменно росте цен на бензин многие производители автомобилей обратили своё внимание на дешёвое топливо для транспортных средств (рис.1). Первыми, как всегда оказались педантичные и экономные немцы, которые стали массово оснащать газовыми установками автомобили такси.